饲粮维生素 B_2 添加水平对育成期水貂生长性能、营养物质消化率及氮代谢的影响[1]

穆琳琳[1] 钟 伟[1] 张海华[2] 南韦肖[1] 张新宇[1] 陈双双[1] 李光玉[1*]

（1.中国农业科学院特产研究所，特种经济动物分子生物学国家重点实验室，长春 130112；

2.河北科技师范学院动物科技学院，秦皇岛 066004）

摘 要：本试验旨在研究饲粮维生素 B_2 添加水平对育成期水貂生长性能、营养物质消化率及氮代谢的影响。选取（65±5）日龄、体重[（1 213.38±72.72） g]相近的健康雄性短毛黑水貂 96 只，随机分为 6 个组，每组 16 个重复，每个重复 1 只水貂。采用单因素试验设计，各组饲粮维生素 B_2 添加水平分别为 0（Ⅰ组）、2.5（Ⅱ组）、5.0（Ⅲ组）、10.0（Ⅳ组）、20.0（Ⅴ组）、40.0 mg/kg（Ⅵ组）。预试期 7 d，正试期 58 d。结果表明：1)饲粮维生素 B_2 添加水平显著影响水貂末重和料重比（$P<0.05$），极显著影响水貂平均日增重（$P<0.01$），其中以Ⅴ组平均日增重、末重最大，料重比最小。Ⅴ组平均日增重显著或极显著高于Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ和Ⅳ组（$P<0.05$ 或 $P<0.01$），Ⅴ、Ⅵ组料重比显著或极显著低于Ⅰ组（$P<0.05$ 或 $P<0.01$），Ⅴ、Ⅵ组末重显著高于Ⅰ组（$P<0.05$）。2)饲粮维生素 B_2 添加水平极显著影响水貂粗蛋白质消化率和粗脂肪消化率（$P<0.01$），对水貂干物质采食量、干物质排出量和干物质消化率影响不显著（$P>0.05$）。Ⅵ组粗脂肪消化率最高，Ⅰ组最低，Ⅰ组极显著低于Ⅱ、Ⅴ和Ⅵ组（$P<0.01$）。Ⅴ组粗蛋白质消化率最高，极显著高于Ⅰ组（$P<0.01$）。3)饲粮维生素 B_2 添加水平显著影响育成期水貂氮沉积、净蛋白质利用率和蛋白质生物学价值（$P<0.05$），对食入氮、粪氮和尿氮影响不显著（$P>0.05$）。Ⅴ组净蛋白利用率最高，显著高于Ⅰ和Ⅱ组（$P<0.05$），与Ⅲ、Ⅳ和Ⅵ组差异不显著（$P>0.05$）。Ⅴ组蛋白质生物学价值最高，Ⅴ和Ⅵ显著高于Ⅰ组（$P<0.05$），与Ⅱ、Ⅲ和Ⅳ组差异不显著（$P>0.05$）。Ⅵ组氮沉积最高，Ⅰ组最低，Ⅰ组显著低于Ⅴ和Ⅵ组（$P<0.05$），与Ⅱ、Ⅲ和Ⅳ组差异不显著（$P>0.05$）。综合各项指标，在本试验条件下，饲粮中维生素 B_2 添加水平为 20.0 mg/kg（饲粮中维生素 B_2 水平为 23.35 mg/kg）时，育成期水貂可以获得较好的生长性能及较高的营养物质消化率、氮利用率。

关键词：水貂；维生素 B_2；生长性能；营养物质消化率；氮代谢

中图分类号：S816.72　　　文献标识码：　　　文章编号：

维生素 B_2（核黄素）作为机体代谢所必需的水溶性维生素，在体内主要以黄素单核苷

收稿日期：2018-04-25

基金项目：中国农业科学院科技创新工程（CAAS-ASTIP-2017-ISAPS）；吉林省重点科技成果转化项目（NY[2016]0307022）

作者简介：穆琳琳（1991-），女，山东莒县人，硕士研究生，研究方向为野生动植物保护与利用。E-mail：774641775@qq.com

*通信作者：李光玉，研究员，博士生导师，E-mail： tcslgy@126.com

酸（FMN）和黄素腺嘌呤二核苷酸（FAD）2 种形式存在，维生素 B_2 活性成分 FMN 和 FAD 作为黄素酶类的辅基，广泛参与体内糖、脂质和蛋白质的吸收与利用，促进营养物质的消化吸收，影响动物的生长发育[1-2]，促进机体免疫器官的发育及免疫细胞的增值、分化和成熟，提高机体抗氧化能力[3-7]。维生素 B_2 缺乏会导致怀孕母貂出现死胎现象，但对公貂生育能力影响较小；维生素 B_2 水平不足时机体生长缓慢，血红蛋白内容物减少，下层绒毛出现灰色或者白色症状[8]。维生素 B_2 水平过高时会随尿液排出体外，一般不会引起中毒症状，过低则会出现各种缺乏症。目前，维生素 B_2 在猪、禽上研究较为广泛。张建海等[9]研究得出，在饲粮中添加 14.4 mg/kg 的维生素 B_2，能显著提高肉鸡的平均日增重，降低料重比，促进肉鸡的生长发育。丹麦毛皮育种协会推荐的饲粮维生素 B_2 添加水平为 2.0～3.5 mg/kg[10]；NRC（1982）[11]推荐的饲粮维生素 B_2 添加水平为 1.5 mg/kg，该添加水平是确保水貂不出现维生素 B_2 缺乏症状的最低需要量。因国内外水貂品种不同，饲料组成及结构等均有差异，该推荐添加水平并不适用于我国养殖的水貂品种。因此，本试验旨在通过研究饲粮维生素 B_2 添加水平对水貂生长性能、营养物质消化率和氮代谢的影响，以期筛选出水貂饲粮中维生素 B_2 适宜添加水平，为我国水貂饲养行业维生素营养需要提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物与试验设计

选取（65±5）日龄、体重[（1 213.38±72.72） g]相近的健康雄性短毛黑水貂 96 只，随机分成 6 组，保证同一窝出生的水貂不在同一组内，以消除遗传因素给试验带来的误差，每组 16 个重复，每个重复 1 只。试验采用单因素随机试验设计，设置 6 个维生素 B_2 添加水平梯度，分别为 0（Ⅰ组，对照组）、2.5（Ⅱ组）、5.0（Ⅲ组）、10.0（Ⅳ组）、20.0（Ⅴ组）、40.0 mg/kg（Ⅵ组）。预试期为 7 d，正试期为 58 d。动物饲养试验在农业部长白山野生生物资源重点野外科学观测站开展。

1.2 试验饲粮与试验材料

以鱼粉、鸡肉粉、肉粉、膨化玉米、玉米蛋白粉、豆粕等为主要原料，同时添加水貂生长发育所需的矿物质和维生素（不含维生素 B_2），根据 NRC（1982）[11]和相关文献[12-13]中关于水貂营养需要配制成育成期水貂基础饲粮，其组成及营养水平见表 1。试验所用维生素 B_2 购自于浙江新和成股份有限公司，有效成分≥82.8%。

表 1 基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1 Composition and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis) %

项目 Items	含量 Content

原料 Ingredients	
膨化玉米粉 Extruded corn meal	38.00
豆粕 Soybean meal	2.00
肉粉 Meat meal	10.50
鱼粉 Fish meal	22.90
玉米蛋白粉 Corn gluten meal	2.00
鸡肉粉 Chicken meal	13.00
预混料 Premix[1)]	1.00
赖氨酸 Lys	0.30
蛋氨酸 Met	0.50
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	0.50
豆油 Soybean oil	9.00
食盐 NaCl	0.30
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]	
代谢能 ME/（MJ/kg)	16.71
粗蛋白质 CP	37.25
粗脂肪 EE	15.16
钙 Ca	1.25
磷 P	0.77
维生素 B_2 VB_2/(mg/kg)	3.35

1) 预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of the diet：VA 10 000 IU，VE 60 mg，VK_3 1.6 mg，VB_1 20 mg，VB_6 10 mg，VB_{12} 0.1 mg，烟酸 nicotinic 40 mg，泛酸 pantothenic acid 20 mg，叶酸 folic acid 1 mg，生物素 biotin 0.5 mg，胆碱 choline 400 mg，Fe 80 mg，Zn 60 mg，Mn 15 mg，Cu 10 mg，I 0.5 mg，Se 0.2 mg，Co 0.3 mg。

2) 代谢能为计算值，其余为实测值。ME was a calculated value, while the others were measured values.

1.3 饲养管理

试验开始前，对水貂笼舍、水盒和饭盆进行消毒，并给水貂接种相关疫苗，每只单笼饲养。由饲养场经验丰富的饲养员于每天 07:00、14:00 饲喂 2 次，保证自由采食和充足饮水。

1.4 测试指标与方法

1.4.1 生长性能指标

试验期间每天记录给料量和剩料量，试验开始和结束时对水貂进行称重，并计算水貂的平均日采食量、平均日增重和料重比。

1.4.2 消化代谢试验

于 2017 年 8 月 15 日到 2017 年 8 月 17 日进行消化代谢试验，共计 3 d，采用全收粪法。

采集尿液前向收集桶内注入10%的硫酸20 mL用于固氮，后期测定尿中氮含量。每天收集的粪便称重后按鲜重的5%加入10%硫酸溶液，并加少量甲苯防腐，保存于-20 ℃备用。将3 d的尿液和粪便分别混合均匀后取样，其中粪便先在80 ℃下杀菌2 h，然后降到65 ℃烘干至恒重，磨碎过40目筛，制成风干样本，以备实验室分析。

1.4.3　测定方法及计算公式

饲料及粪便干物质含量采用105 ℃烘干法，参照GB/T 6435-2006；粗脂肪含量采用索氏抽提法测定，参照GB/T 6435-2006；饲料、粪便及尿液中粗蛋白质含量采用凯氏定氮法测定，参照GB/T 6435-1994；基础饲粮中维生素B_2含量在农业部特种经济动植物及产品质量监督检验测试中心采用高效液相色谱法检测。

营养物质消化率及氮代谢相关指标计算公式如下：

某种营养物质消化率（%）=［（某种营养物质摄入量－粪中某种营养物质总量）/某种营养物质摄入量］×100；

氮沉积(g/d)=食入氮-粪氮-尿氮；

净蛋白质利用率(%)=(氮沉积/食入氮)×100；

蛋白质生物学价值（%）=［氮沉积/（食入氮－粪氮）］×100。

1.5　数据处理

结果以“平均值±标准差”表示，数据用Excel 2013进行整理并用SAS 9.4软件中的GLM程序进行单因素方差分析，采用Duncan氏法进行多重比较，P<0.05为差异显著，P<0.01为差异极显著。

2　结　果

2.1　饲粮维生素B_2添加水平对育成期水貂生长性能的影响

由表2可知，饲粮维生素B_2添加水平极显著影响水貂的平均日增重（P＜0.01），显著影响水貂的末重和料重比（P＜0.05），以Ⅴ组末重、平均日增重最大，料重比最小。Ⅴ组平均日增重极显著高于Ⅰ组（P＜0.01），显著高于Ⅱ、Ⅲ和Ⅳ组（P＜0.05），Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ和Ⅳ组之间差异不显著（P＞0.05）。Ⅴ组料重比极显著低于Ⅰ组（P＜0.01），Ⅵ组显著低于Ⅰ组（P＜0.05），Ⅴ和Ⅵ组之间差异不显著（P＞0.05）。Ⅴ、Ⅵ组末重显著高于Ⅰ组（P＜0.05）。

表2　饲粮维生素B_2添加水平对育成期水貂生长性能的影响

Table 2　Effects of dietary vitamin B_2 level on growth performance of growing minks

组别	初重	末重	平均日增重	平均日采食量	料重比

Groups	Initial weight/g	Final weight/g	ADG/(g/d)	ADFI/(g/d)	F/G
Ⅰ	1 201.00±16.50	2 080.00±58.50^{b}	15.16±0.81^{Bc}	118.08±5.86	8.05±0.60^{Aa}
Ⅱ	1 205.83±16.40	2 139.17±44.93^{ab}	16.09±0.60^{ABbc}	122.32±3.35	7.15±0.36^{ABab}
Ⅲ	1 237.14±18.88	2 188.57±40.16^{ab}	16.17±0.42^{ABbc}	113.42±4.70	7.22±0.42^{ABab}
Ⅳ	1 205.45±18.80	2 139.09±62.12^{ab}	16.10±0.81^{ABbc}	114.74±4.84	7.21±0.16^{ABab}
Ⅴ	1 216.88±24.87	2 301.25±62.97^{a}	18.70±0.86^{Aa}	125.30±3.49	6.14±0.17^{Bb}
Ⅵ	1 226.00±13.18	2 277.00±46.17^{a}	18.12±0.70^{ABab}	125.95±4.54	6.83±0.37^{ABb}
P 值 *P*-value	0.609 9	0.039 7	0.005 5	0.188 1	0.027 9

同列数据肩标不同小写字母表示差异显著（P<0.05），不同大写字母表示差异极显著（P<0.01），相同或无字母表示差异不显著（P>0.05）。下表同。

In the same column, values with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05), and with different capital letter superscripts mean significant difference (P<0.01), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (P>0.05). The same as below.

2.2　饲粮维生素 B_2 添加水平对育成期水貂营养物质消化率的影响

由表 3 可知，饲粮维生素 B_2 添加水平极显著影响水貂粗蛋白质消化率和粗脂肪消化率（P＜0.01），对干物质采食量、干物质排出量和干物质消化率影响不显著（P＞0.05）。饲粮维生素 B_2 添加水平在 10.0～40.0 mg/kg 时，粗脂肪消化率随着饲粮维生素 B_2 添加水平的升高呈上升趋势；Ⅵ组粗脂肪消化率最高，Ⅰ组最低，Ⅰ组极显著低于Ⅱ、Ⅴ和Ⅵ组（P＜0.01），与Ⅳ组差异不显著（P＞0.05）。Ⅴ组粗蛋白质消化率最高，极显著高于Ⅰ组（P＜0.01）；饲粮维生素 B_2 添加水平在 5.0～20.0 mg/kg 时，粗蛋白质消化率随着维生素 B_2 添加水平的升高而呈现上升趋势。

表 3　饲粮维生素 B_2 添加水平对育成期水貂营养物质消化率的影响

Table 3　Effects of dietary vitamin B_2 level on nutrient digestibilities of growing minks

组别 Groups	干物质采食量 DM intake/(g/d)	干物质排出量 DM output/(g/d)	干物质消化率 DM digestibility/%	粗蛋白质消化率 CP digestibility/%	粗脂肪消化率 EE digestibility/%
Ⅰ	120.36±5.62	24.52±1.50	79.67±0.50	74.09±0.80^{Bb}	84.80±1.23^{Bc}

II	121.35±3.11	23.00±0.70	80.95±0.85	74.00±0.66^{Bb}	89.47±0.66^{Aa}
III	110.50±5.07	21.30±1.90	80.75±1.68	74.40±0.92^{Bb}	88.42±0.77^{ABab}
IV	113.21±3.88	23.19±1.55	79.60±0.98	75.48±0.27^{ABb}	86.32±0.98^{ABbc}
V	125.30±3.49	22.32±1.20	82.12±0.95	78.54±1.22^{Aa}	89.65±1.77^{Aa}
VI	119.63±6.11	21.57±0.90	81.80±0.56	76.44±0.47^{ABab}	90.26±0.59^{Aa}
P 值 *P*-value	0.212 2	0.670 6	0.490 5	0.002 8	0.003 2

2.3　饲粮维生素 B_2 添加水平对育成期水貂氮代谢的影响

由表 4 可知，饲粮维生素 B_2 添加水平显著影响育成期水貂氮沉积、净蛋白质利用率和蛋白质生物学价值（P<0.05），对食入氮、粪氮和尿氮影响不显著（P>0.05）。随着维生素 B_2 添加水平增加，氮沉积呈升高趋势，以Ⅵ组最高，Ⅰ组最低；Ⅰ组氮沉积显著低于Ⅴ和Ⅵ组（P<0.05），与Ⅱ、Ⅲ和Ⅳ组差异不显著（P>0.05）。Ⅴ组净蛋白利用率最高，显著高于Ⅰ和Ⅱ组（P<0.05），与Ⅲ、Ⅳ和Ⅵ组差异不显著（P>0.05）。饲粮维生素 B_2 添加水平在 0～20.0 mg/kg 时，蛋白质生物学价值随着饲粮维生素 B_2 添加水平的升高呈上升趋势，以Ⅴ组最高，Ⅴ和Ⅵ组显著高于Ⅰ组（P<0.05），与Ⅱ、Ⅲ和Ⅳ组差异不显著（P>0.05）。

表 4　饲粮维生素 B_2 水平对育成期水貂氮代谢的影响

Table 4　Effects of dietary vitamin B_2 level on nitrogen metabolism of growing minks

组别 Groups	食入氮 Nitrogen intake/(g/d）	尿氮 Urine nitrogen/(g/d）	粪氮 Fecal nitrogen/(g/d）	氮沉积 Nitrogen deposition/(g/d）	净蛋白质利用率 NPU/%	蛋白质生物学价值 BV of protein/%
I	7.06±0.25	3.69±0.22	1.28±0.15	2.08±0.20^{b}	29.50±2.67^{bc}	36.15±3.31^{b}
II	7.17±0.20	3.46±0.24	1.47±0.05	2.24±0.20^{b}	31.15±2.57^{bc}	39.34±3.46^{ab}
III	7.00±0.17	3.20±0.19	1.44±0.11	2.36±0.21^{ab}	33.71±2.90^{abc}	42.35±3.57^{ab}
IV	6.75±0.30	2.90±0.27	1.45±0.15	2.50±0.18^{ab}	37.13±2.38^{abc}	47.47±3.68^{ab}
V	7.33±0.28	3.05±0.26	1.27±0.07	3.00±0.29^{a}	40.79±3.41^{a}	49.40±3.74^{a}
VI	7.38±0.29	2.94±0.32	1.41±0.09	3.04±0.24^{a}	39.20±2.86^{ab}	48.16±3.90^{a}

P 值 *P*-value	0.532 3	0.120 2	0.713 1	0.023 6	0.032 3	0.047 8

3 讨 论

3.1 饲粮维生素 B_2 添加水平对育成期水貂生长性能的影响

维生素 B_2 作为一种具有重要调节功能的微量物质，能促进动物的生长发育[14]。王艳辉等[15]研究表明，随着饲粮维生素 B_2 添加水平的升高，可显著提高笼养蛋雏鸭的平均日增重，提高生长性能，降低料重比。张建海等[9]和唐淑珍[16]研究发现，饲粮中添加维生素 B_2 能显著提高肉鸡的平均日增重，降低料重比。李绍钰[17]研究发现，饲喂含 10.5 mg/kg 维生素 B_2 的饲粮能显著提高高温环境下肉鸡体重，改善饲料利用率。本试验结果表明，随着维生素 B_2 添加水平的增加，育成期水貂末重、平均日增重呈增加趋势，料重比呈降低趋势，其中以维生素 B_2 添加水平 20.0 mg/kg 组（Ⅴ组）末重、平均日增重最大，料重比最低，这与上述文献报道相一致，说明适宜的维生素 B_2 添加水平对水貂的生长发育具有促进作用。

3.2 饲粮维生素 B_2 添加水平对育成期水貂营养物质消化率的影响

研究表明，饲粮维生素 B_2 添加水平对 12 月龄伊犁马[18]、生长獭兔[19]的平均日采食量均无显著影响，但对 1～14 日龄北京鸭平均日采食量有显著影响[20]。Barile 等[21]研究表明，维生素 B_2 主要吸收部位在小肠，部分在大肠内，当食入蛋白质水解变性后，维生素从肠上皮的刷状缘状细胞膜上释放出来，进一步参加相应的生理过程。本试验结果显示，饲粮维生素 B_2 添加水平对育成期水貂出蛋白质消化率、粗脂肪消化率有极显著影响，整体随着添加水平的升高而呈增大趋势，这可能与维生素 B_2 的活性成分 FAD 参与脂肪酸的β-氧化，促进脂质在线粒体内的氧化分解，进而提高粗脂肪消化率有关；粗蛋白质消化率的升高可能是由于机体进行生理活动时，ATP 随即水解成腺苷二磷酸（ADP），此时受到细胞能荷影响的氨基酸氧化脱氨过程中谷氨酸脱氢酶活性大大提高，进而加速氨基酸的氧化降解[2]，具体营养消化机制有待于进一步探究。在本试验条件下，饲粮维生素 B_2 添加水平在 20.0 mg/kg 时水貂可获得较佳的营养物质消化率。

3.3 饲粮维生素 B_2 添加水平对育成期水貂氮代谢的影响

氮代谢指标反映动物机体对饲粮中蛋白质消化利用的情况，机体摄入含氮饲粮，在体内分解利用和吸收，一部分氮用于合成相关蛋白质储存在体内，一部分则未被吸收利用，转变成粪氮排出体外，维持体内氮代谢的平衡。有关单胃动物氮代谢指标随饲粮维生素 B_2 添加水平变化的报道较少。周小秋[22]指出，随着饲粮维生素 B_2 添加水平的提高，蛋白质沉积率呈增加趋势。在本试验中，随着饲粮维生素 B_2 添加水平的增加，氮沉积随之增加，净蛋白

质利用率和蛋白质生物学价值呈现先增加后降低的趋势，这与粗蛋白质消化率的趋势一致，说明维生素 B_2 能促进机体对于蛋白质的吸收利用，后期降低可能原因是维生素 B_2 在一定的范围内具有促进氮代谢的作用，超过这个范围会抑制蛋白质吸收利用。

4　结　论

综合各项指标，饲粮维生素 B_2 添加水平为 20.0 mg/kg（饲粮中维生素 B_2 水平为 23.35 mg/kg）时，育成期水貂可以获得较好的生长性能及较高的营养物质消化率、氮利用率。

参考文献：

[1] 周安国,陈代文.动物营养学[M].3 版.北京:中国农业出版社,2011.

[2] 王镜岩,朱圣庚,徐长法.生物化学[M].3 版.北京:高等教育出版社,2002.

[3] GUNANTI I R,MARKS G C,AL-MAMUN A,et al.Low serum vitamin B_{12} and folate concentrations and low thiamin and riboflavin intakes are inversely associated with greater adiposity in Mexican American children[J].The Journal of Nutrition,2014,144(12):2027–2033.

[4] TANIGUCHI M,NAKAMURA M.Effects of riboflavin deficiency on the lipids of rat liver[J].Journal of Nutritional Science and Vitaminology,1976,22(2):135–146.

[5] OLPIN S E,BATES C J.Lipid metabolism in riboflavin-deficient rats.1.Effect of dietary lipids on riboflavin status and fatty acid profiles[J].British Journal of Nutrition,1982,47(3):577–588.

[6] OLPIN S E,BATES C J.Lipid metabolism in riboflavin-deficient rats:2.Mitochondrial fatty acid oxidation and the microsomal desaturation pathway[J].British Journal of Nutrition,1982,74(3):589–596.

[7] TOYOSAKI T.Antioxidant effect of riboflavin in enzymic lipid peroxidation[J].Journal of Agricultural and Food Chemistry,1992,40(10):1727–1730.

[8] HELGEBOSTAND A,徐濂.核黄素缺乏能使水貂发生死胎[J].特产研究,1981(3):45–47.

[9] 张建海,原广华,庞全海,等.不同核黄素水平对肉仔鸡外周血细胞、免疫器官及生产性能的影响[J].家禽科学,2003(2):9–11.

[10] JOERGENSEN G.Mink Production[M].[S.l.]:Danish Fur Breeders Association,1984.

[11] NRC.Nutrient requirements of mink and foxes[S].Washington,D.C.:National Academy Press,1982.

[12] 吴学壮.水貂饲粮适宜铜源及铜水平研究[D].博士学位论文.北京:中国农业科学

院,2015.

[13] 孙伟丽,王卓,樊燕燕,等.人参多糖对育成期雄性水貂生长性能、营养物质消化率、氮代谢及血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2017,29(6):2057-2063.

[14] 张永亮.动物营养与免疫调控[J].饲料与畜牧,2012(2):1.

[15] 王艳辉,王安,谢富.维生素 B_2 对笼养蛋雏鸭生长性能、内分泌及抗氧化能力的影响[J].动物营养学报,2009,21(1):31–35.

[16] 唐淑珍.高温季节核黄素对肉仔鸡生产性能、脂肪代谢及免疫功能的影响[D].硕士学位论文.石河子:石河子大学,2007.

[17] 李绍钰,魏凤仙,张敏红,等.核黄素添加梯度对高温环境下肉鸡生产性能及脂质过氧化水平的影响的研究[C]//现代化畜牧生产环境与环境管理(五)——第八届全国家畜环境科学讨论会论文集.乌鲁木齐:中国畜牧兽医学会,2002:5.

[18] 陈俊宏,何雪曼,邓海峰,等.12 月龄伊犁马对维生素 B_1 和维生素 B_2 的需要量[J].动物营养学报,2017,29(1):118–126.

[19] 郑琛,李春燕,隋啸一,等.饲粮核黄素添加水平对生长獭兔生长性能、毛皮质量、血液指标及抗氧化功能的影响[J].动物营养学报,2015,27(3):804–810.

[20] 唐静.核黄素对 1～21 日龄北京鸭生产性能､抗氧化机能的影响[D].硕士学位论文.北京:中国农业科学院,2012.

[21] BARILE M,GIANCASPERO T A,LEONE P,et al.Riboflavin transport and metabolism in humans[J].Journal of Inherited Metabolic Disease,2016,39(4):545–557.

[22] 周小秋.B 族维生素与鱼类消化吸收、免疫和抗氧化防御能力的关系研究进展[C]//中国畜牧兽医学会 2009 学术年会论文集.石家庄:中国畜牧兽医学会,2009:16.

Effects of Dietary Vitamin B_2 Level on Growth Performance, Nutrient Digestibilities and Nitrogen Metabolism of Growing Minks

MU Linlin[1] ZHONG Wei[1] ZHANG Haihua[2] NAN Weixiao[1] ZHANG Xinyu[1] CHEN Shuangshuang[1] LI Guangyu[1*]

(1. *State Key Laboratory of Special Economic Animal Molecular Biology*, *Institute of Economic Animal and Plant Science*, *Chinese Academy of Agriculture Sciences*, *Changchun* 130112, *China*; 2. *Hebei Normal University of Science and Technology*, *Qinghuangdao* 066004, *China*)

Abstract: This experiment was conducted to evaluate the effects of dietary vitamin B_2 level on

growth performance, nutrient digestibilities and nitrogen metabolism of growing minks. Ninety-six healthy short black male minks at the age of (65±5) days with the similar weight [（1 213.38±72.72） g] were randomly divided into 6 groups with 16 replicates per group and 1 mink per replicate. The experiment used a single factorial experiment design, and the dietary vitamin B_2 supplemental levels of 6 groups were 0 （group Ⅰ）, 2.5 （group Ⅱ）, 5.0 （group Ⅲ）, 10.0 （group Ⅳ）, 20.0（group Ⅴ）and 40.0 mg/kg（group Ⅵ）, respectively. The adaptation period lasted for 7 days and the formal period lasted for 58 days. The results showed as follows: 1) dietary vitamin B_2 level had significant effects on the final weight and feed to gain ratio of minks （$P<0.05$）, and had extremely significant effect on the average daily gain of minks （$P<0.01$）, the average daily gain and final weight of group Ⅴ were the highest, while the feed to gain ratio was the lowest. The average daily gain of group Ⅴ was significantly higher than that of groups Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ and Ⅳ （$P<0.05$ or $P<0.01$）, the feed to gain ratio of groups Ⅴ and Ⅵ was significantly lower than that of group Ⅰ （$P<0.05$ or $P<0.01$）, the final weight of groups Ⅴ and Ⅵ was significantly higher than that of group Ⅰ （$P<0.05$）. 2) Dietary vitamin B_2 level had extremely significant effects on the crude protein digestibility and ether extract digestibility of minks （$P<0.01$）, while had no significant effects on the dry matter intake, dry matter output and dry matter digestibility of minks （$P>0.05$）. The ether extract digestibility of group Ⅵ was the highest, which of group Ⅰ was the lowest, the ether extract digestibility of group Ⅰ was extremely significantly lower than that of groups Ⅱ, Ⅴ and Ⅵ （$P<0.01$）. The crude protein digestibility of group Ⅴ was the highest, which was extremely significantly higher than that of group Ⅰ （$P<0.01$）. 3） Dietary vitamin B_2 level had significant effects on the nitrogen deposition, net protein utilization and the biological value of protein of minks （$P<0.05$）, while had no significant effects on the nitrogen intake, fecal nitrogen and urine nitrogen of minks （$P>0.05$）. The net protein utilization rate of group Ⅴ was the highest, which was significantly higher than that of groups Ⅰ and Ⅱ ($P<0.05$), but had no significant difference with that of groups Ⅲ, Ⅳ and Ⅵ ($P>0.05$). The biological value of protein of group Ⅴ was the highest, which of groups Ⅴ and Ⅵ was significantly higher than that of group Ⅰ ($P<0.05$), but had no

significant difference with that of groups Ⅱ, Ⅲ and Ⅳ (P>0.05). The nitrogen deposition of group Ⅵ was the highest, which of group Ⅰ was the lowest, the nitrogen deposition of group Ⅰ was significantly lower than that of groups Ⅴ and Ⅵ (P<0.05), but had no significant difference with that of groups Ⅱ, Ⅲ and Ⅳ (P>0.05). Considering all the factors, when dietary vitamin B_2 level is 20 mg/kg (dietary vitamin B_2 level is 23.35 mg/kg), growing minks can obtain the better growth performance and higher nutrient digestibility and nitrogen utilization under the condition of this experiment.

Key words: minks; vitamin B_2; growth performance; nutrient digestibility; nitrogen metabolism

*Corresponding author, professor, E-mail： tcslgy@126.com （责任编辑　武海龙）